

STEERING REACTION FORCE CONTROL DEVICE

Patent number: JP2002370658

Publication date: 2002-12-24

Inventor: TERADA TETSUYA

Applicant: MAZDA MOTOR

Classification:

- international: B62D6/00; B62D101/00; B62D103/00; B62D113/00; B62D137/00

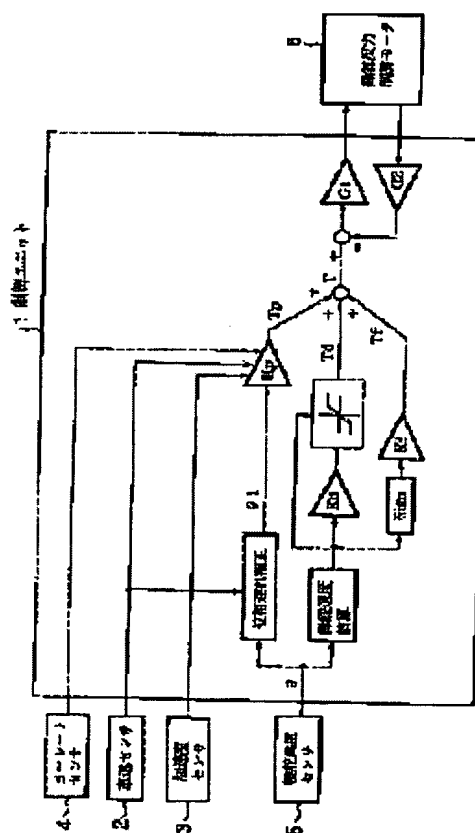
- european:

Application number: JP20010184058 20010618

Priority number(s): JP20010184058 20010618

Abstract of JP2002370658

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily and faithfully realize a steering reaction characteristic in a steer-by-wire type vehicle when steering a steering wheel at a fast rotating speed in a conventional vehicle having a steering shaft. **SOLUTION:** A control unit 1 corrects a phase lag on the basis of a steering speed and a vehicle speed V detected by a vehicle speed sensor 2, and calculates a rigidity component T_p of steering reaction by applying proportional gain K_p of the rigidity component T_p determined according to a detecting result of the vehicle speed sensor 2, an acceleration sensor 3, and a yaw rate sensor 4 for reflecting a traveling state of one's own vehicle. The control unit 1 calculates a control desired value T of a steering reaction force control motor 6 by adding a viscosity component T_d , a friction component T_f , and the rigidity component T_p .



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-370658
(P2002-370658A)

(43) 公開日 平成14年12月24日 (2002.12.24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	デマコト* (参考)
B 6 2 D . 6/00		B 6 2 D 6/00	3 D 0 3 2
// B 6 2 D 101:00		101:00	
103:00		103:00	
113:00		113:00	
137:00		137:00	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-184058 (P2001-184058)

(22) 出願日 平成13年6月18日 (2001.6.18)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 寺田 哲也

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳 (外3名)

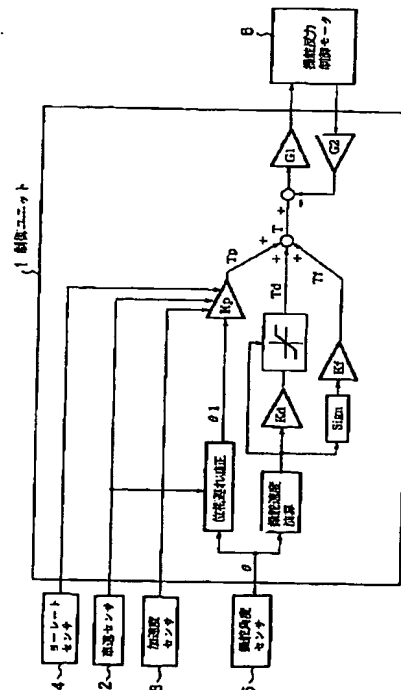
Fターム (参考) 3D032 CC03 DA03 DA09 DA23 DA25
DA33 DB01 DB09 DB10 DB11
DC17 DD17 DE03 EA01 EB12
EC22

(54) 【発明の名称】 操舵反力制御装置

(57) 【要約】

【課題】 ステアリングシャフトを有する従来車両においてステアリングホイールを速い回転速度で操舵した場合における操舵反力特性を、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両において簡単且つ忠実に実現する。

【解決手段】 制御ユニット1は、操舵速度と、車速センサ2によって検出された車速Vに基づいて、位相遅れ補正を行なうと共に、自車両の走行状態を反映すべく車速センサ2、加速度センサ3、並びにヨーレートセンサ4の検出結果に応じて決定される剛性成分 T_p の比例ゲイン K_p を施すことにより、操舵反力の剛性成分 T_p を算出する。そして、制御ユニット1は、操舵反力制御モータ6の制御目標値 T を、粘性成分 T_d 、摩擦成分 T_f 、剛性成分 T_p を加算することによって算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ドライバが操作するステアリングホイールと前輪とが機械的に分離されたステアリング機構を備えるステア・バイ・ワイヤタイプの車両に設けられ、その車両の車速と該ステアリングホイールの操舵角度とに応じて設定される操舵反力特性に基づいて、前記ステアリングホイールに操舵反力を付与する制御手段を備える操舵反力制御装置であって、

前記制御手段において、前記操舵反力特性は、前記操舵反力を構成する複数種類の力成分のうち、前記操舵角度に応じて発生する操舵反力の剛性成分の位相が、前記操舵角度に対して遅延する周波数特性であることを特徴とする操舵反力制御装置。

【請求項2】 前記制御手段は、前記操舵反力特性における前記剛性成分の割合を所定値より大きな値にすべく、前記操舵反力を構成する複数種類の力成分のうち、前記ステアリングホイールの操舵速度に応じて発生する粘性成分の最大値を規制することを特徴とする請求項1記載の操舵反力制御装置。

【請求項3】 前記制御手段は、前記操舵反力特性における前記剛性成分の大きさを、前記車両の前後方向の加速度に応じて補正することを特徴とする請求項1または請求項2記載の操舵反力制御装置。

【請求項4】 前記制御手段は、前記操舵反力特性における前記剛性成分の大きさを、前記車両の車速に応じて補正することを特徴とする請求項1または請求項2記載の操舵反力制御装置。

【請求項5】 前記制御手段は、前記操舵反力特性における前記剛性成分の大きさを、前記車両のヨーレートに応じて補正することを特徴とする請求項1または請求項2記載の操舵反力制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、操舵反力制御装置に関し、例えばステア・バイ・ワイヤタイプの車両に採用して好適な操舵反力制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、代表的な車両である自動車の分野においては、ドライバが操作するステアリングホイールと前輪（操舵輪）とがステアリングシャフトを介して機械的に連結されたステアリング機構を備える従来車両（以下、ステアリングシャフトを有する従来車両、と称する）が広く普及しており、一般的なドライバは、このタイプの従来車両を操舵する際にステアリングホイールを介して主に手や腕の触覚によって認知するステアリング感覚（操舵反力特性）に慣れ親しんでおり、運転に習熟したドライバは、係るステアリング感覚によって自分が運転する車両の挙動や走行状態を認識することが知られている。

【0003】図8は、ステアリングシャフトを有する従

来車両の100km/h走行時の操舵反力特性を例示する図であり、図8（a）は操舵周波数が0.25Hz、図8（b）は操舵周波数が0.5Hzの場合を示す。

【0004】図8（a）及び図8（b）に示す操舵反力特性において、横軸は、ドライバの操舵によって生じるステアリングホイールの操舵角度、縦軸は、その操舵に応じてステアリングホイールに発生する操舵反力であり、何れの操舵反力特性も、例えば、右方向（+方向）にドライバが操舵すると、その操舵を引き戻すような操舵反力が生じるが、その大きさはある操舵角度で飽和することを示している。

【0005】また、操舵に際してドライバが受ける操舵反力には、操舵輪の転舵に応じたセルフアライニングトルクが含まれるが、ドライバによる操舵速度が速い（操舵周波数が高い）図8（a）の場合には、操舵速度が遅い（操舵周波数が低い）図8（b）の場合と比較して、その操舵に応じたセルフアライニングトルクの立ち上がりが遅いので、操舵角度の中立位置近傍（即ち、操舵角度 $\theta \approx \pm 10^\circ$ ）において、操舵角度に対する操舵反力の位相遅れが生じ、ドライバが受ける操舵反力の感触は確かなものではなくなる。

【0006】また、近年においては、例えば特開2000-198453号に開示されているように、ドライバが操作するステアリングホイールと前輪とが機械的に分離されたステアリング機構を備えるステア・バイ・ワイヤタイプの車両が提案されており、このタイプの車両では、ドライバが慣れ親しんだステアリングシャフトを有する従来車両におけるステアリングのダイナミクスを再現する必要がある。このため、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両では、その車両の車速とステアリングホイールの操舵角度に応じて設定される操舵反力特性に基づいて、ステアリングホイールに操舵反力を付与する制御が行われる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】図9は、ステア・バイ・ワイヤタイプの従来車両の100km/h走行時の操舵反力特性を例示する図であり、ステアリングシャフトを有する従来車両における操舵反力特性を実現すべく、ステア・バイ・ワイヤタイプの従来車両にて行われる操舵反力の付与制御の特性を示している。

【0008】そして、図9（a）は操舵周波数が0.25Hz、図9（b）は操舵周波数が0.5Hzの場合を示しており、横軸は、ドライバの操舵によって生じるステアリングホイールの操舵角度、縦軸は、その操舵に応じてステアリングホイールに自動的に付与する操舵反力であり、何れの操舵反力特性も、図8を参照して説明したステアリングシャフトを有する従来車両の場合における操舵反力特性と基本的な形状は同じである。

【0009】しかしながら、上記ステア・バイ・ワイヤタイプの従来車両では、ドライバによる操舵速度が遅い

(操舵周波数が高い) 図9(a)の場合には、操舵速度が遅い(操舵周波数が低い) 図9(b)の場合と比較して、操舵角度の中立位置近傍(即ち、操舵角度 $\theta \approx \pm 10^\circ$)において、操舵角度に対する操舵反力の位相進みが生じている。この状況は、上述したステアリングシャフトを有する従来車両の場合と全く逆の特性であり、ステアリングシャフトを有する従来車両であればドライバが受ける操舵反力の感触が確かなものではなく、ところ、上記ステア・バイ・ワイヤタイプの従来車両では、係る操舵速度が速い状況においてセルフアライニングトルクが迅速に立ち上がり、ドライバが受ける操舵反力の感触が確かなものになってしまうため、ドライバに対して違和感を与えることになり好ましくない。

【0010】そこで本発明は、ステアリングシャフトを有する従来車両においてステアリングホイールを速い回転速度で操舵した場合における操舵反力特性を、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両において簡単且つ忠実に実現する操舵反力制御装置の提供を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明に係る操舵反力制御装置は、以下の構成を特徴とする。

【0012】即ち、ドライバが操作するステアリングホイールと前輪とが機械的に分離されたステアリング機構を備えるステア・バイ・ワイヤタイプの車両に設けられ、その車両の車速と該ステアリングホイールの操舵角度とに応じて設定される操舵反力特性に基づいて、前記ステアリングホイールに操舵反力を付与する制御手段を備える操舵反力制御装置であって、前記制御手段において、前記操舵反力特性は、前記操舵反力を構成する複数種類の力成分のうち、前記操舵角度に応じて発生する操舵反力の剛性成分の位相が、前記操舵角度に対して遅延する周波数特性であることを特徴とする。

【0013】好適な実施形態において、前記制御手段は、前記操舵反力特性における前記剛性成分の割合を所定値より大きな値にすべく、前記操舵反力を構成する複数種類の力成分のうち、前記ステアリングホイールの操舵速度に応じて発生する粘性成分の最大値を規制すると良い。

【0014】また、例えば前記制御手段は、前記操舵反力特性における前記剛性成分の大きさを、前記車両の前後方向の加速度、前記車両の車速、並びに前記車両のヨーレート of の少なくとも何れかに応じて補正すると良い。

【0015】

【発明の効果】上記の本発明によれば、ステアリングシャフトを有する従来車両においてステアリングホイールを速い回転速度で操舵した場合における操舵反力特性を、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両において簡単且つ忠実に実現する操舵反力制御装置の提供が実現する。

【0016】即ち、請求項1の発明によれば、ステアリ

ングシャフトを有する従来車両においてドライバがステアリングホイールを速い回転速度で操舵した場合と同様な操舵反力特性(例えばセルフアライニングトルク)を、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両において簡単な構成によって忠実に実現することができるので、ドライバはステアリングホイールから車両の挙動を容易に認識することができる。

【0017】また、請求項2の発明によれば、ステアリングシャフトを有する従来車両においてドライバがステアリングホイールを速い回転速度で操舵した場合における操舵トルク of の特性を、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両において担保することができる。

【0018】また、請求項3の発明によれば、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両における操舵反力特性において、例えば加速度が大きくなれば剛性を小さく、減速度が大きくなれば剛性を大きくすることにより、ステアリングシャフトを有する従来車両において加減速する際に生じる操舵反力特性(例えばセルフアライニングトルク) of の変化を、簡単且つ忠実に再現することができる。

【0019】また、請求項4の発明によれば、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両における操舵反力特性において、例えば車速が大きいかほど剛性を大きく、且つ位相遅れを大きくすることにより、ステアリングシャフトを有する従来車両においてにおける走行速度に応じた操舵反力特性(例えばセルフアライニングトルク) of の変化を、簡単且つ忠実に再現することができる。

【0020】また、請求項5の発明によれば、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両における操舵反力特性において、例えばヨーレート of が大きいかほど剛性を大きくすることにより、ステアリングシャフトを有する従来車両においてにおけるヨーレート of に応じた操舵反力特性(例えばセルフアライニングトルク) of の変化を、簡単且つ忠実に再現することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る操舵反力制御装置の一実施形態を、図面を参照して詳細に説明する。

【0022】図1は、本実施形態に係る操舵反力制御装置を搭載したステア・バイ・ワイヤタイプの車両のステアリング機構の構成を示すブロック図であり、同図に示すステアリング機構は、ドライバが操作するステアリングホイール8と前輪(操舵輪)10とが機械的に分離されたステア・バイ・ワイヤタイプの機構である。

【0023】制御ユニット1は、操舵角度センサ5によって検出されたステアリングホイール8の回転角度(操舵角度) θ に応じて、前輪舵角アクチュエータ7を駆動することによって前輪10を転舵する。

【0024】そして、制御ユニット1は、前輪舵角アクチュエータ7を駆動するに際して、車速センサ2によって検出された自車両の車速 V 、加速度センサ3によって検出された自車両の加速度(減速度を含む)、ヨーレー

トセンサ4によって検出された自車両の転回状態（ヨーレート）、並びに操舵角度 θ に基づいて、ステアリングシャフトを有する従来車両の操舵反力特性を再現すべく、ステアリングホイール8の回転中心軸上に配設された操舵反力制御モータ6を駆動することにより、ステアリングホイール8に操舵反力を付与する。

【0025】本実施形態では、このような構成を備えるステア・バイ・ワイヤタイプの車両を採用すると共に、図9を参照して「発明が解決しようとする課題」にて上述したステア・バイ・ワイヤタイプの従来車両における問題点を解決すべく、係る従来のステア・バイ・ワイヤタイプの車両において操舵反力を構成するの4つの力成分のうち、剛性成分に着目する。

【0026】即ち、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両においてドライバによるステアリングホイールの操舵に応じて付与すべき操舵反力は、一般に、「剛性成分」、「粘性成分」、「摩擦成分」、並びに「慣性成分」の4つの力成分からなることが知られており、

- ・「剛性成分」は、ステアリングホイールの操舵角度に応じて発生する力成分を表し、

- ・「粘性成分」は、ステアリングホイールの操舵速度に応じて発生する速度成分に相当する力成分を表し、

- ・「摩擦成分」は、ステアリングホイールの操舵による機械的な摩擦によって発生する力成分を表し、

- ・「慣性成分」は、ステアリングホイールの操舵に応じて発生する加速度成分に相当する力成分を表わす。

【0027】ここで、操舵反力は、ステアリングホイールが回転していないときに、ドライバが当該ステアリングホイールに入力する操舵力に等しい。

【0028】そして、本実施形態において、制御ユニット1は、図1に示すステア・バイ・ワイヤタイプの車両のステアリング機構における操舵反力特性において、これらの力成分のうち、剛性成分の位相が、操舵角度センサ5によって検出した操舵角度 θ に対して遅延する周波数特性を実現する。

【0029】尚、図1に示した各ブロックの構成自体は現在では一般的であるため、本実施形態における詳細な説明は省略する。

【0030】図2は、本実施形態に係る操舵反力制御装置にて行われる制御処理を説明するブロック図であり、制御ユニット1に設けられた不図示のマイクロコンピュータが、予め格納された制御プログラムを実行することによって実現する機能を概説する図である。

【0031】同図において、制御ユニット1は、操舵角度センサ5によって検出されたステアリングホイール8の回転角度（操舵角度） θ に基づいて、操舵速度を算出し、算出した操舵速度に粘性成分Tdの比例ゲインKdを施すと共に、当該操舵速度に応じた補正を施すことにより、操舵反力の粘性成分Tdを算出する。

【0032】また、制御ユニット1は、ドライバによる

操舵方向とは反対方向の操舵反力を付与すべく、操舵速度にsign変換、並びに摩擦成分Tfの比例ゲインKfを施すことにより、操舵反力の摩擦成分Tfを算出する。

【0033】更に、制御ユニット1は、操舵速度と、車速センサ2によって検出された車速Vに基づいて、位相遅れ補正を行なう（詳細は後述する）と共に、自車両の走行状態を反映すべく車速センサ2、加速度センサ3、並びにヨーレートセンサ4の検出結果に応じて決定される剛性成分Tpの比例ゲインKpを施すことにより、操舵反力の剛性成分Tpを算出する。

【0034】そして、制御ユニット1は、算出した粘性成分Td、摩擦成分Tf、剛性成分Tpを加算することによって操舵反力制御モータ6の制御目標値Tを求め、その制御目標値Tに基づくフィードバック制御によって操舵反力制御モータ6を駆動することにより、ステアリングホイール8に操舵反力を付与する。

【0035】ここで、操舵反力の慣性成分は、操舵角度の中立位置近傍（即ち、操舵角度 $\theta \approx \pm 10^\circ$ ）における操舵角度 θ に対する操舵反力の位相遅れには影響しないため、本実施形態において考慮しなくても良い。

【0036】尚、操舵速度の算出方法、並びに操舵反力制御モータ6のフィードバック制御には、一般的な手法を採用すれば良いので、本実施形態における詳細な説明は省略する。

【0037】図3は、本実施形態における制御ユニット1の制御処理のフローチャートであり、制御ユニット1の不図示のCPUが行う処理の手順を示す。

【0038】同図において、ステップS1：図1を参照して説明した各センサの検出値を更新する。

【0039】ステップS2：操舵角度センサ5によって検出されたステアリングホイール8の操舵角度 θ に基づいて、操舵速度 θ' を算出する。

【0040】ステップS3：車両の車速に応じて時定数 τ が大きな値に補正される図4に示すような特性を表わすテーブルを予めメモリに記憶しておき、車速センサ2によって検出された自車両の車速Vに従って当該テーブルを参照することにより、今回の制御周期において制御ユニット1が実現すべき操舵反力Tの剛性成分Tpの遅れの大きさを決定する。

【0041】ステップS4：ステップS1にて検出した操舵角度 θ に対する位相遅れの操舵角度 θ_1 を、sをラプラス演算子として、

$$\theta_1 = 1 / (1 + \tau s) \times \theta \quad \dots (1),$$

なる数式(1)によって算出する。

【0042】ステップS5：図5(a)乃至図5(c)に示すような特性を表わす各テーブルを予めメモリに記憶しておき、車速センサ2によって検出された自車両の車速V、加速度センサ3によって検出された自車両の加速度 α 、並びにヨーレートセンサ4によって検出された

自車両のヨーレート $\dot{\theta}$ に従って当該各テーブルを参照することにより、操舵反力 T の剛性成分 T_p の比例ゲイン K_p の大きさを決定する。

【0043】ステップS6：操舵反力 T の剛性成分 T_p

$$T_p = (\text{sign } \theta_1 \times (1 - \exp(-\text{sign } \theta_1 \times \theta_1 \times K_p))) \times K_{p1}$$

・・・(2)，

なる数式(2)によって算出すれば良い。ここで、 K_{p1} は、剛性成分 T_p の比例ゲイン K_p の最大値である。

【0044】ステップS7：図6に示すような特性を表わすテーブルを予めメモリに記憶しておき、ステップS2にて算出した操舵速度 θ' に従って当該テーブルを参照することにより、操舵反力 T の粘性成分 T_d の最大値を設定する。

【0045】ステップS8：操舵反力 T の粘性成分 T_d を、粘性成分の比例ゲイン K_d 、ステップS2にて算出した操舵速度 θ' 、並びにステップS7にて設定した最

$$T_d = \text{sign } \theta' \times (1 - \exp(-\text{sign } \theta' \times \theta' \times K_{d1})) \times K_{d1}$$

・・・(4)，

なる数式(4)によって算出すれば良い。ここで、摩擦成分 T_f の比例ゲイン K_f は、任意の定数であり、対象車両において実現すべき操舵反力特性に応じて設定すれば良く、 K_{f1} は、操舵反力制御を安定させるための任意の定数である。

【0047】ステップS10：今回の制御周期において制御ユニット1が実現すべき操舵反力 T を、

$$T = T_p + T_d + T_f \quad \dots (5),$$

なる数式(5)によって算出する。

【0048】ステップS11：ステップS10にて算出した操舵反力 T に基づいて操舵反力制御モータ6を駆動し、ステップS1にリターンする。

【0049】図7は、本実施形態に係る制御ユニット1が搭載されたステア・バイ・ワイヤタイプの車両の100km/h走行時の操舵反力特性を例示する図であり、制御ユニット1によって実現される操舵反力 T の特性を示している。

【0050】そして、図7(a)は操舵周波数が0.25Hz、図7(b)は操舵周波数が0.5Hzの場合を示しており、横軸は、操舵角度センサ3によって検出されたステアリングホイール8の操舵角度 θ 、縦軸は、操舵反力制御モータ6によってステアリングホイール8に付与される操舵反力 T である。

【0051】図7(a)及び図7(b)に示す何れの操舵反力特性においても、制御ユニット1による上述した制御処理により、図8を参照して説明したステアリングシャフトを有する従来車両の場合における操舵反力特性と略同様な形状の操舵反力特性が実現されており、図9(b)を参照して上述した従来のステア・バイ・ワイヤタイプの車両制御では発生したところの、操舵角度に対する操舵反力の位相進みが解消されている。

【0052】即ち、制御ユニット1は、ステップS3及

を、ステップS4にて算出した位相遅れの操舵角度 θ_1 、ステップS5にて算出した剛性成分の比例ゲイン K_p に基づいて算出する。具体的には、例えば、

大値の制限に基づいて算出する。具体的には、例えば、 $T_d = K_d \times \theta'$ ・・・(3)，

なる数式(3)によって算出すれば良い。ここで、粘性成分 T_d の比例ゲイン K_d は、任意の定数であり、対象車両において実現すべき操舵反力特性に応じて設定すれば良い。

【0046】ステップS9：操舵反力 T の摩擦成分 T_f を、摩擦成分の比例ゲイン K_f 、並びにステップS2にて算出した操舵速度 θ' に基づいて算出する。具体的には、例えば、

びステップS4にて算出したところの、自車速が速くなるのに応じて大きくなる時定数 τ を含む位相遅れの周波数特性を操舵反力 T の剛性成分 T_p に反映することにより、従来のステア・バイ・ワイヤタイプの車両制御ではステアリングホイールを速い回転速度で操舵した場合に発生したところの、操舵角度に対する操舵反力の位相進みを解消することができる。

【0053】また、制御ユニット1は、ステップS7にて算出した最大値によって操舵反力 T の粘性成分 T_d を制限することにより、係る制限を行なわない場合には操舵反力特性の形状の中央部分(原点)周辺が太く変化してしまい、操舵反力の直線性が大きく失われてしまうところ、ステアリングシャフトを有する従来車両においてドライバがステアリングホイールを速い回転速度で操舵した場合における操舵反力の直線性を、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両において担保することができる。

【0054】また、制御ユニット1は、ステップS5にて図5(c)に示すテーブルを参照することによって自車両の加速度 a に応じて比例ゲイン K_p を補正することにより、自車両の加速度が大きくなれば剛性成分 T_p を小さく、減速度が大きくなれば剛性成分 T_p を大きくすることができるので、加減速時に車両の前後輪への接地荷重に応じて変化するセルフアライニングトルクを再現することができ、ステアリングシャフトを有する従来車両において加減速する際に生じる操舵反力特性の変化を、簡単且つ忠実に再現することができる。

【0055】また、制御ユニット1は、ステップS5にて図5(a)に示すテーブルを参照することによって自車両の走行速度 V に応じて比例ゲイン K_p を補正することにより、自車速が大きいほど剛性成分 T_p を大きくすることができ、自車速が速いほど大きな操舵反力を再現することができ、ステアリングシャフトを有する従来車

両においてにおける走行速度に応じた操舵反力特性の変化を、簡単且つ忠実に再現することができる。

【0056】また、制御ユニット1は、ステップS5にて図5(c)に示すテーブルを参照することによって自車両のヨーレート $\dot{\theta}$ に応じて比例ゲイン K_p を補正することにより、ヨーレートが大きいほど剛性成分 T_p を大きくすることができるので、例えば路面と前輪との摩擦係数 μ が小さい道路を走行中にステアリングホイールの操作はしても実際には車両の挙動が変化しない、という状況における操作感覚を再現することができ、ステアリングシャフトを有する従来車両においてにおけるヨーレートに応じた操舵反力特性の変化を、簡単且つ忠実に再現することができる。

【0057】このように、本実施形態によれば、ステアリングシャフトを有する従来車両においてステアリングホイールを速い回転速度で操舵した場合における操舵反力特性を、ステア・バイ・ワイヤタイプの車両において簡単且つ忠実に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る操舵反力制御装置を搭載したステア・バイ・ワイヤタイプの車両のステアリング機構の構成を示すブロック図である。

【図2】本実施形態に係る操舵反力制御装置にて行われる制御処理を説明するブロック図である。

【図3】本実施形態における制御ユニット1の制御処理

のフローチャートである。

【図4】操舵反力 T の剛性成分の遅れ時定数を補正する際に参照するテーブルの特性を例示する図である。

【図5】操舵反力 T の剛性成分の比例ゲイン K_p を補正する際に参照するテーブルの特性を例示する図である。

【図6】操舵反力 T の粘性成分 T_d の最大値を設定する際に参照するテーブルの特性を例示する図である。

【図7】本実施形態に係る制御ユニット1が搭載されたステア・バイ・ワイヤタイプの車両の100 km/h走行時の操舵反力特性を例示する図である。

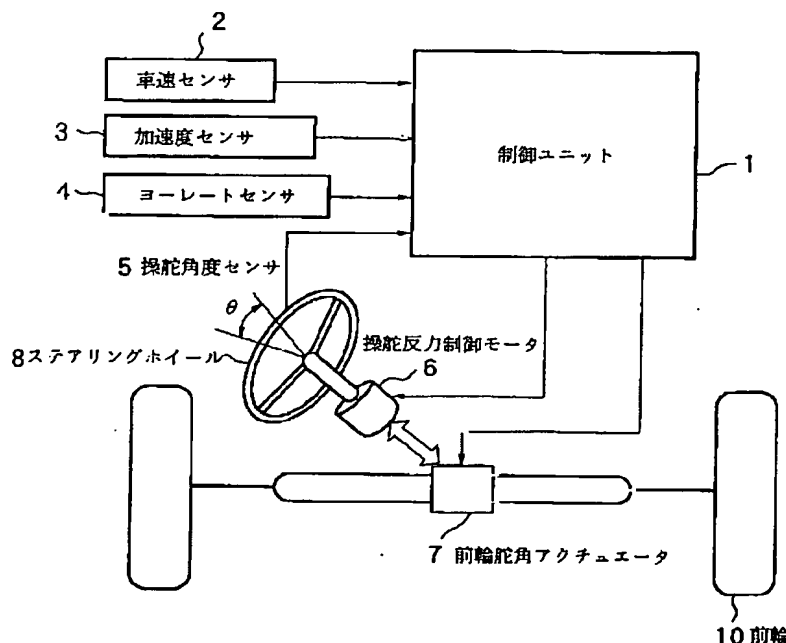
【図8】ステアリングシャフトを有する従来車両の100 km/h走行時の操舵反力特性を例示する図である。

【図9】ステア・バイ・ワイヤタイプの従来車両の100 km/h走行時の操舵反力特性を例示する図である。

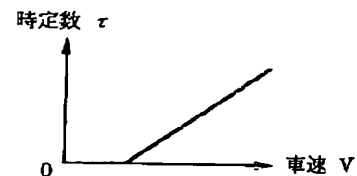
【符号の説明】

- 1：制御ユニット、
- 2：車速センサ、
- 3：加速度センサ、
- 4：ヨーレートセンサ、
- 5：操舵角度センサ、
- 6：操舵反力制御モータ、
- 7：前輪舵角アクチュエータ、
- 8：ステアリングホイール、
- 10：前輪（操舵輪）、

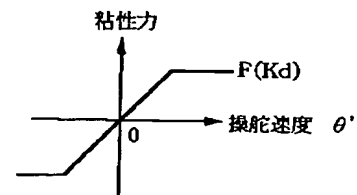
【図1】



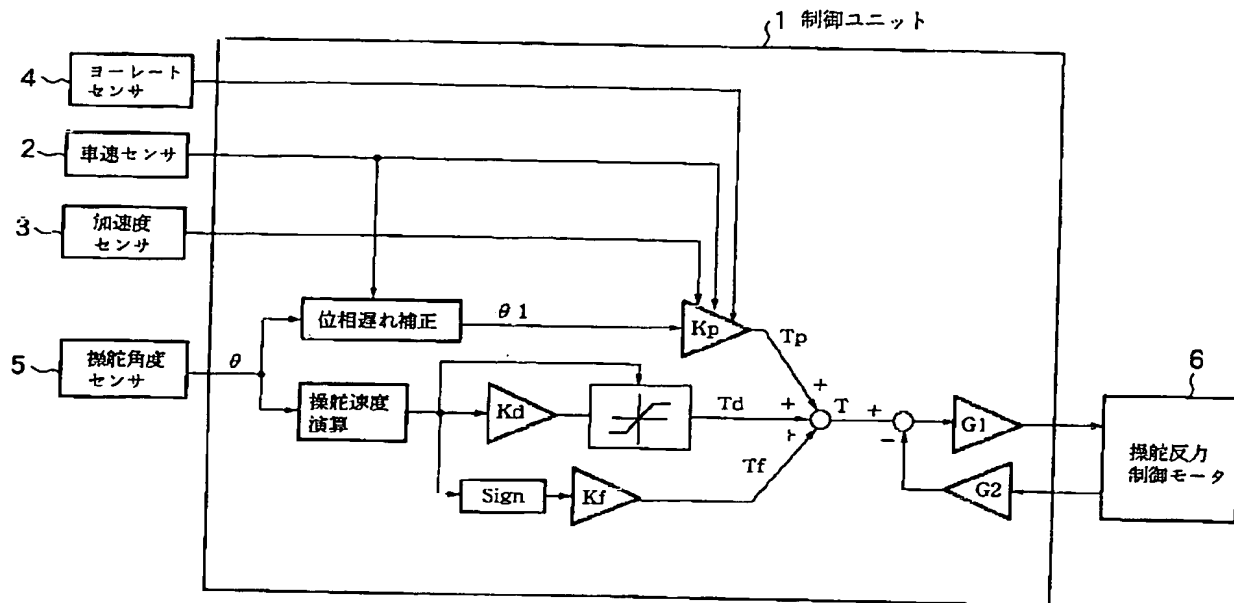
【図4】



【図6】

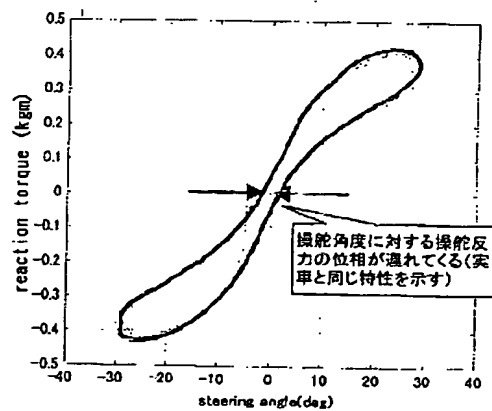
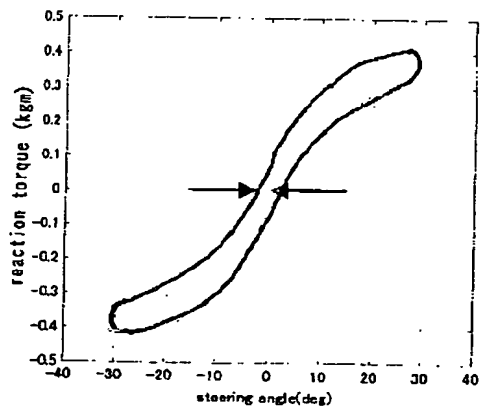


【図2】

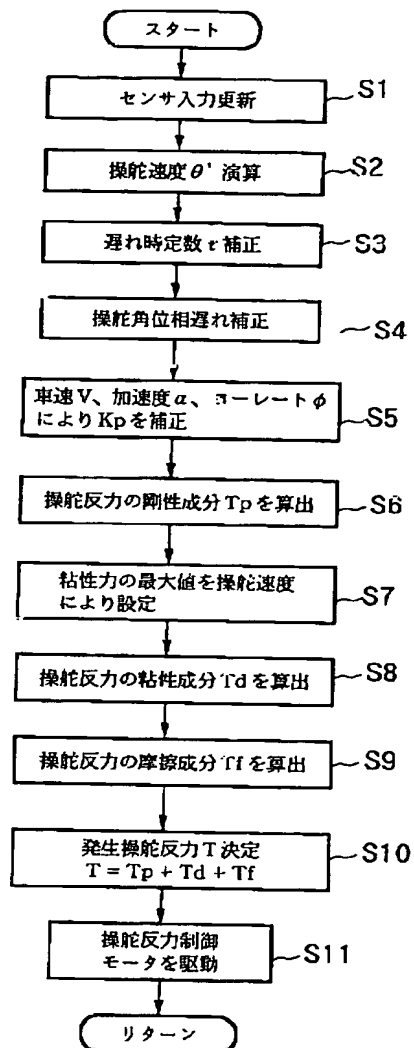


【図7】

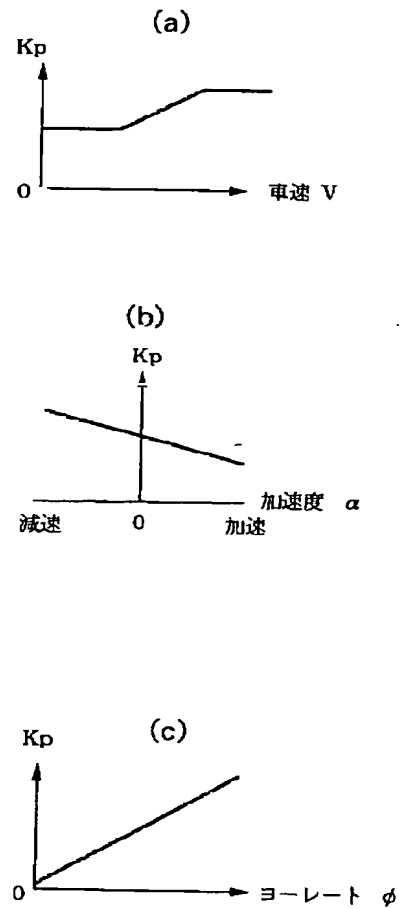
(a) 操舵反力再現データ (操舵角の位相遅れ補償あり, 操舵周波数=0.25Hzの場合) (b) 操舵反力再現データ (操舵角の位相遅れ補償あり, 操舵周波数=0.5Hzの場合)



【図3】

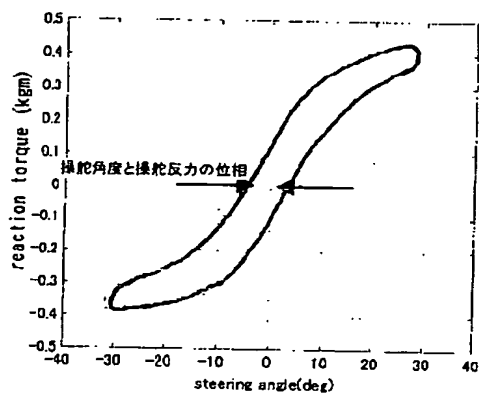


【図5】

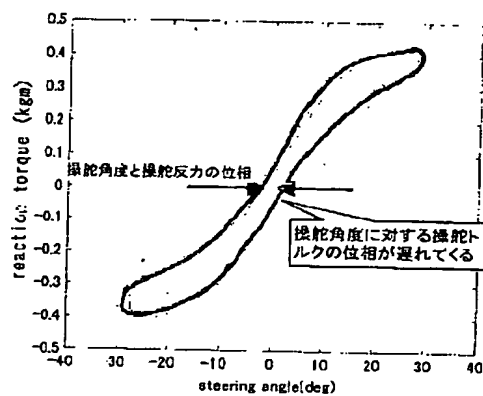


【図8】

(a) 実車データ (操舵周波数=0.25Hzの場合)



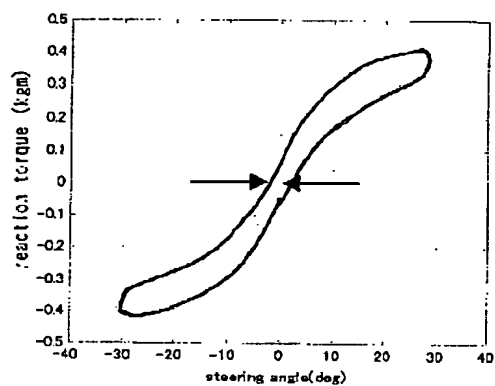
(b) 実車データ (操舵周波数=0.5Hzの場合)



【図9】

(a) 操舵反力再現データ

(操舵角の位相遅れ補償なし, 操舵周波数=0.25Hzの場合)



(b) 操舵反力再現データ

(操舵角の位相遅れ補償なし, 操舵周波数=0.5Hzの場合)

